اكتشاف التغير باستخدام البيانات الرقمية للأقمار الصناعية

دراسة تطبيقية على مدينة مكة المكرمة وما حولها

د. سعد أبو راس الغامدي

الملخص

إن مراقبة واكتشاف التغير الذي يلحق بغطاءات واستعمالات الأراضي لعلى أهمية كبيرة في التخطيط. وبيانات الأقمار الصناعية تقدم وسيلة مثالية في متابعة ذلك التغير بصورة منتظمة. وهناك عدد من أساليب اكتشاف التغير باستخدام معلومات الأقمار الصناعية. من بينها أسلوب تحليل المركبات الرئيسة.

وقد هدفت هذه الدراسة إلى اختبار فاعلية تحليل المركبات الرئيسة في اكتشاف التغير الذي طرأ على مدينة مكة المكرمة وما حولها ، في الفترة ما بين ١٩٩٢ و ١٩٩٨م . بالإضافة إلى ذلك، فقد هدفت هذه الدراسة إلى تطوير واختبار طرق متعددة في معالجة المركبات الرئيسة لاكتشاف التغير.

وقد طبق أسلوب تحليل المركبات الرئيسة على بيانات القمر الصناعي الفرنسي *SPOT HRV-XS* **وذلك بأسلوبين رئيسين ، اشتملا على أربع طرق هي: (١) العتبة (٢) التصنيف المدمج (٣) التصنيف المدمج الانتقائي (٤) التصنيف المفرد الانتقائي.**

وقد تبين من هذه الدراسة أن أسلوب تحليل المركبات الرئيسة يقدم نتائج مرضية في الكشف عن التغير كماً ونوعاً. كما اتضح أيضاً أن طريقة العتبة هي الأكثر صحة ، والأسهل إجراءً من الطرق الأخرى المستخدمة في هذا البحث للكشف عن التغير. على أن حد العتبة الذي يحدد التغير من عدمه غير ثابت ، ويختلف وفقاً لقناعات وأهداف المستخدم. كذلك بينت هذه الدراسة أن تحليل المركبات الرئيسة مكن من الكشف عن التغير كماً ونوعاً في منطقة الدراسة. ومن دراسة نتائج طريقة العتبة أتضح أن حجم التغير في الإنشاءات والنبات خلال فترة ست سنوات قد بلغ حوالي عشرة ملايين متر مربع. ٥٨% من هذا التغير كان لنبات فُقد أو اكتسب . أما النسبة المتبقية فهي لإنشاءات مدنية مستحدثة. كما تبين أن التغير شمل معظم أنحاء مدينة مكة المكرمة ، وإن تركز معظمه في الإنشاءات العامة، خاصة في شمال المدينة ، أما التغير في النبات ، فقد كان معظم الفاقد في المزارع الممتدة على جانبي وادي عرنة، بينما تركز المكتسب في داخل المدينة وعلى الطرق الدائرية على هيئة حدائق وجزر نباتية.

Change Detection Using Digital Satellite Data

Case study: The Holly City of Makkah and its Surroundings

Dr. Saad Abo Ras Al-Gamdi

Abstract

Monitoring and detecting changes of land cover and land use are very

important in planning. Satellite data is an ideal tool to monitor changes on a regular basis. There are numbers of methods developed for using satellite data to detect changes. Among these methods is the principal component analysis (PCA).

This study aimed to evaluate the potentials of PCA for detecting changes in the City of Makkah and the surrounding areas during 1992-1998, using SPOT HRV-XS data. Another aim was to develop and test several PCA's procedures for detecting changes.

Two methods containing four different procedures were used to achieve the objectives of this study. The procedures are: (1) threshold (2) classification of all merged PCs (3) classification of selected merged PCs (4) classification of selected individual PCs.

The study concluded that threshold is the most accurate and the simplest for change detection. However, defining threshold is value is very critical and could be influenced by the user's opinion. This study also found the magnitude of changes in the study area is about 10 square kilometers. 58% of these changes is related to vegetation loss or gain. The remaining percentage is for ground construction build up.

المقدمة

إن معظم التغيرات التي تلحق بالمدن السعودية تنصب على التحول في استعمالات الأراضي. وهذا التحول يتطلب تحديثاً متواتراً على خرائط استعمالات الأراضي للمدن. ولأن معلومات الأقمار الصناعية المتعلقة بدراسة مـوارد الأرض تض من تحديث معلوماتنا عن سطح الأرض

بشكلٍ مستمر ، فإن هذه المعلومات بما تتضمنه من ميزات متعددة تعتبر الوسيلة الأكثر ملاءمة لاستكشاف التغيرات الـتي تطرأ على السطح

(*Mouat, et al., 1993*). والتغير إما أن يكون مستحدثاً مستجداً كتحول أراض فضاء إلى إنشاءات سكنية أو تجاريـة مثلاً، أو أن يكون متجدداً كالزيادة في مستوى الخضرة أو النمو أو الكثافة بالنسبة للنباتات ، أو في المناطق الخاضعة للتطوير إجمالا.

وقد عولج اكتشاف التغير *change detection* من خلال معلومات الأقمار الصناعية في عددٍ من الدراسات. إلا أن المشكلة تكمن في تعـددد أساليب اكتشاف التغيرات ، مع عدم الإجماع علـى أسـلوب بعينـه (*Macleod and Congalton, 1998*). وترتكز أساليب اكتشـاف التغيرات على ملاحظة ما يطرأ من اختلاف على انعكاس الطاقة الكهرومغناطيسية ، والذي يمكن ملاحظته عن طريق مراقبة التغيرات في القيم الضوئية *brightness values* ، أو كمـا تسمى غالباً القيم الرقمية *digital numbers* للمرئيات الفضائية الرقميـة

***digital satellite images*. والتغيرات في القيم الرقمية لهدف ما إما أن تكون بالزيادة ، كتحول أجـزاء مـن أراض**

زراعيةٍ أو جبليةٍ إلى منشآتٍ خرسانية. أو بالنقصان ، كتحول أجزاء من أراض فضاء إلى مواقف إسفلتية ، أو إلى مستنقعات مائية مثلا. والاختلاف في انعكاس الطاقة لأي هدفٍ ما بين تاريخين مختلفين يوظف في معرفة التحولات التي طرأت على الهدف ذاته ، من حيث نوع التغير وحجمه. وكل ذلك يكتسب أهمية كبيرة في التخطيط الحضري والإقليمي والبيئي بشكلٍ عام.

ودراسة التغير باستخدام معلومات الأقمار الصناعية يتم على مستويين ، المستوى الأول : هو اكتشاف التغير من عدمه فقط، وهنا تستخدم الملاحظة البصرية *visual observation* لمجموعة من المرئيات المختلفة التواريخ. وغالباً ما تعرض هذه المرئيات بجانب بعضها البعض على وسائل عرض إلكترونية، أو تطبع على ورق ، ثم تخضع للفحص والمقارنة لمعرفة ما إذا كان هناك تغير من المرئيات الأقدم إلى الأحدث. أما المستوى الثاني فهو : معرفة نوع التغير واحتساب مقداره. وفي هذه الحالة لابد من اتباع أساليب آلية متعددة للوصول إلى النتائج ، عوضاً عن الملاحظة البصرية، وذلك من خلال ما يسمى إجمالا بمعالجة المرئية الرقمية *digital image processing*.

ومن بين الأساليب الآلية في اكتشاف التغيرات من خلال معلومات الأقمار الصناعية ما يعرف بتحليل المركبات الرئيسة . *principal components analysis* وتحليل المركبات الرئيسة هي عملية رياضية تعيد توزيع البيانات الأصلية على عدة محاور ، للتخلص من الارتباط القوي بين مجموعات البيانات ، وبالتالي التركيز على التباين *variance*. والمحاور المستجدة تتكون من محور رئيسي *principal axis* يعكس التباين المشترك بين المتغيرات ، بينما تم المحاور الثانوية بما لم يفسر في المحور الرئيسي (*Show and Wheeler, 1985*). وبذلك فإن هذا التحول *transformation* للبيانات الأصلية ينتج قيماً جديدة ذات دلالة تفسيرية أفضل . وتحليل المركبات الرئيسة يعد من الأساليب ذات القيمة والشائعة الاستخدام في معالجة معلومات الأقمار الصناعية (*Jensen, et al.,* ١٩٩٧). وذلك لضغط بيانات النطاقات الطيفية *spectral bands* ذات الارتباط القوي ، وبالتالي التخلص من التكرار، أو للتركيز على التباين الذي يبرز خصائص بعض الأهداف بشكل أفضل.

واستخدام تحليل المركبات الرئيسة في دراسة التغير السطحي يبدو قديماً نسبيا. ففي سنة ١٩٨٠م أنجز بيرن وآخرون (*Byrne, at el., 1980*) دراسة لهم حول فاعلية استخدام تحليل المركبات الرئيسة في الكشف عن التغير الذي يطرأ على استعمالات الأرض. وبتتبع الباحث للدراسات المتاحة والمتعلقة باستخدام تحليل المركبات الرئيسة في مراقبة التغيرات، وجد أن هناك تبايناً بين هذه الدراسات في تقرير مدى فاعلية استخدام تحليل المركبات في الكشف عن التغير، إذ تراوحت درجة الصحة *accuracy level* في الكشف عن التغير بواسطة تحليل المركبات الرئيسة ما بين ٩٤% إلى ٥٣%

(*Fung, 1992; Macleod and Congalton, 1998; Martin, 1989; Michener and Houhoulis,* ١٩٩٧). كما لوحظ على الدراسات السابقة أن معظمها قد ركز على تتبع التغير في البيئات الطبيعية الغنية بالنبات، بينما تعلق عدد قليلٌ منها بالتغير في النسيج الحضري. وربما يعود ذلك إلى ما ذكره جرين وزملاؤه (*Green, et al., 1994*) من أن رصد التغيرات في مناطق الغابات أسهل من المناطق الخالية من النبات. وحتى الدراسات التي تعرضت للتغير في المدن فإنما اختصت بدراسة مدنٍ تتصف بنمطية حديثة في المركبات العمرانية وغنى في النبات ، لاسيما في الضواحي، كما هو الحال في دراسة فونغ لمدينة هونغ كونغ (*Fung, 1992*)، أو في دراسة تشاربونيو وآخرين لمدينة مونتريال الكندية (*Charbonneau, at al., 1981*) لإحدى ضواحي مدينة بولدر (*Jensen, 1993*) ، أو كما في دراسة جينسين الأمريكية.

كذلك فإن معظم هذه الدراسات قد ركزت على استخدام مركبٍ واحدٍ في الكشف عن التغير بدلاً من تطوير أساليب أخرى لتوظيف المركبات الأخرى في الكشف عن التغير. ويستثنى من هذا دراسة متميزة لمكوني وهاك (*Muchoney and Haack, 1994*) حيث استخدما أسلوبين في تحليل المركبات لاكتشاف التغير في أوراق الغابات الناتج عن أمراض النبات.

وكان الأسلوب الأول يتعلق بدمج جميع المركبات معاً ثم تصنيفها، أما الأسلوب الآخر فهو اختيار مركبٍ واحدٍ وفقاً للمتجهات والقيم الذاتية *eigenvectors and eigenvalues* ثم إخضاع ذلك المركب للتصنيف. وقد وجدا أن كلا الأسلوبين نافعان في الكشف عن التغير ، وإن حقق أسلوب المركب الوحيد المصنف درجة صحة بنسبة أفضل قليلا.

وهذه الدراسة تهدف إلى اختبار فاعلية تحليل المركبات الرئيسة في الكشف عن التغيرات التي طالت استعمالات الأراضي في مدينة مكة المكرمة و ضواحيها، وذلك من خلال تتبع ما استجد من إنشاءات *Constructions* ، وما أضيف أو تلاشى من نبات. كذلك تهدف هذه الدراسة أيضاً إلى تطبيق عدة طرق أو أساليب لمعالجة المركبات الرئيسة ، بغرض معرفة الطريقة الأكثر صحة لتمييز التغيرات.

وتكمن أهمية هذه الدراسة في أن هناك ضرورة للتحديث المستمر للمعلومات ، ومتابعة التغيرات في المدن السريعة النمو، كمدينة مكة المكرمة. فهذه المدينةشهدت نمواً سريعاً ، خاصة في العقدين الأخيرين. فقد زاد عدد السكان بمقدار ثلاثة أضعاف عن عام ١٤٠٣ هـ . وخلال هذه الفترة نمت الأحياء على أطراف مكة نمواً كبيرا، خاصة في شمالها وجنوبها، بل وتكونت أحياء جديدة. وقد قدرت المساحة المعمورة في عام ١٤٠٥هـ لمدينة مكة المكرمة بحوالي ٤٨كم٢ (الصنيع ، ١٤١٥هـ)، أرتفعت هذه المساحة إلى حوالي ٢٢٠ كم٢ في عام ١٤١٨ (أمانة العاصمة ، ١٤١٨هـ).

كذلك فإن أهمية هذه الدراسة تكمن في اختبار أساليب جديدة حين تطبيق تحليل المركبات الرئيسة لاكتشاف التغيرات، خاصة في محيط بيئة جافة كمكة المكرمة. كذلك في كونها أول دراسة من نوعها ، وفق الأساليب المتبعة في هذه الدراسة ، يتم تطبيقها على إحدى المدن السعودية كنموذج لتقويم سريع للكشف عن التغير في فترة زمنية محددة، وهو ما يعتقد بأن البلديات وأجهزة التخطيط في المملكة العربية السعودية بحاجة إليه.

منهج الدراسة

تعتمد هذه الدراسة على استخدام تحليل المركبات الرئيسة في معالجة بيانات الأقمار الصناعية الرقمية، وذلك للكشف عن التغيرات في محيط مدينة مكة المكرمة. وقد انتهج الباحث عدداً من الطرق الآلية في معالجة البيانات الأصلية للأقمار الصناعية، وفي معالجة المركبات الرئيسة. وفي كل ذلك ، فإن الباحث قد قصر اهتمامه على مظهرين :

١. الإنشاءات المدنية ، وتحديداً المباني التي استحدثت أو تجددت أياً كان نوعها أو حجمها منذ عام ١٩٩٢م ، في ظل ما تتيحه درجة الوضوح المكاني *spatial resolution* للبيانات المستخدمة في الدراسة.

٢. النباتات التي استجدت أو تلاشت منذ عام ١٩٩٢م ، أي الكسب أو الفقد النباتي. وتتصف منطقة الدراسة بقلة الأمطار وتذبذبها ، وعدم انتظام سقوطها وهطولها على هيئة زخات سريعة فجائية (أحمد ، ١٤١٢هـ). ولأن النباتات الحولية الفقيرة المرتبطة بسقوط الأمطار هي ظاهرة وقتية، فإن الباحث قد ركز على النباتات الأكثر غنى ، والتي يعتمد نموها في الغالب على المياه الجوفية. ومن أمثلة ذلك الأراضي الزراعية و الحدائق ، بالإضافة إلى التجمعات النباتية في المناطق التي تتصف بارتفاع رطوبة التربة ، خاصة في مصارف الأودية.

منطقة الدراسة: يبين الشكل رقم (١) حدود منطقة الدراسة، وهي تشتمل على المنطقة الحضرية المتصلة ومركزها الحرم المكي الشريف، بالإضافة إلى ضواحي المدينة المتعددة. وتبلغ مساحة منطقة الدراسة حوالي ٩٣٠ كم٢ . وتمتد منطقة الدراسة من وادي سرف في الشمال إلى منطقة العكاشية في الجنوب، ومن وادي عرنة وعرفة شرقاً إلى غربي مخطط الحمراء عند المدخل الغربي للمدينة.

البيانات المستخدمة في الدراسة: توفر للباحث بيانات اللاقط *HRV-XS* المحمول على القمر الصناعي سبوت *SPOT*. هذه البيانات ذات درجة وضوح مكاني قدره عشرون متراً، حيث رصدت الطاقة المنعكسة في ثلاثة نطاقات هي : النطاق الأول وامتداده ,٥٠. – ,٥٩. ميكرومتر. النطاق الثاني وامتداده ,٦١. – ,٦٨. ميكرومتر. والنطاق الثالث

يغطي الطول الموجي ,٧٩. – ,٨٩. ميكرومتر. والبيانات الأقدم لهذا اللاقط تعود إلى شهر فبراير من عـام ١٩٩٢م، أما البيانات الأحدث فتعود إلى شهر أبريل من عام ١٩٩٨م (شكل٢).

المعالجة الآلية الأولية للبيانات: عند استخدام مرئيتين مختلفتي التاريخ ، فإنه لابد من ضـبط الأبعـاد الهندسـية لكليهما، وذلك بتسجيل إحداثيات إحداهما إلى الأخرى عن طريـق مـا يسمـى بـالتصحيح الهندسـي *geometric correction*. **وفي هذه الدراسة، اختيرت ٨٠ نقطة تحكم من المرئية الأحدث وسجلت إحداثيا ا إلى المرئية الأقدم بدرجة صحة بلغت ٣٠% أو أقل من الخلية. ثم اقتطع من كل مرئية مصححةٍ نافذةٌ تطابق الأخرى في إحداثيا ا تشتمـل علـى منطقة الدراسة فقط. ونظراً للاختلاف الزمني بين المرئيتين، فإن الباحث وجد أنه من المستحسن إجراء نوع من التصحيح الراديومتري. وذلك لأن الاختلافات الزمنية للخصائص الجوية، وكذلك أوضاع القمر نفسه تؤدي إلى تغيـير في الطاقـة المستقبلة بواسطة أجهزة الاستشعار**

(*Hoofer and Lee, 1990***). وباستخدام نظام الصفوف والأعمدة، فقد عينت ١٠٠ خلية لها نفسها الإحداثيات على كلا المرئيتين وذلك لمقارنة القيم الرقمية بين المرئيتين لمعرفة مقدار تأثير العوامل المشار إليها آنفا. وقد روعي في اختيار هـذه الخلايا أ ا لموافع لم يحدث لها أي تغيير أو تبدل على الأرض في الفترة ما بين التاريخين. كذلك أخذ في الاعتبار أن تمثل هـذه الخلايا تبايناً في السطوع، من انعكاسات عالية (مثل خزان مياه المعيصم أو الحرم المكي الشريف) إلى انعكاسات منخفضة كما هو الحال في مناطق الظلال. ومن تسجيل القيم الرقمية لهذه الخلايا في جميع النطاقات لكلا المرئيتين، تم إيجاد متوسـط الفرق** *the mean difference* **في الانعكاسات المسجلة بين كل نطاقين متماثلين لكلا المـرئيتين. ثم با ستخدام طـرح متوسط الفـرق صححت مرئية ١٩٩٨م إلى مرئية ١٩٩٢م . وأخيراً دمجت النطاقات الستـة لكـلا المـرئيتين تمهيداً لاستخدام أسلوب تحليل المركبات الرئيسة.**

شكل رقم (١)

مرئية كاملة للاقط *HRV-XS* والمحمول على القمر الصناعي سبوت. هذه المرئية التقطت في شهر أبريل من عام ١٩٩٨م لمدينة مكة المكرمة وما حولها. الإطار الأبيض يبين حدود منطقة الدراسة.

شكل رقم (٢)

المرئية العليا تبين أوضاع مدينة مكة المكرمة وما حولها في عام ١٩٩٢م. أما السفلي فهي لعام ١٩٩٨م.

إجراءات تحليل المركبات الرئيسة : استخدمت المعادلة المعتـادة لتحليل المركبات الرئيسـة (*Earth Resource Mapping, 1998*) في التطبيق على بيانات الأقمار الصناعية المدمجة. وبما أن المدخلات لهذه المعادلة تحتوي على ستة نطاقات هي مجموع نطاقات سبوت لكلا التاريخين، فإن الناتج كان ستة مركبات. وقد عرضت هذه المركبات إلى

عملية المد *stretch* من أجل عرض أفضل، بالإضافة إلى تكوين مرئيات مركبة ملونة *color composite images* لتكوين فكرة أولية عن المظاهر الأبرز تغيراً بين التاريخين (شكل ٣). وبالنظر إلى هذه الأشكال بالإضافة إلى جدول المتجهات والقيم الذاتية (جدول ١) ، يتضح أن المركب الأول يستأثر بمعظم التباين (٨٧%)، ولكنه يقتصر على مظاهر السطوع المشترك *common brightness* ، أو المظاهر التي لم تتبدل بين التاريخين. أما المركب رقم (٢) فهو فريد، إذ أن جميع مظاهر الإنشاءات المدنية المستحدثة في بيانات ٩٨ مرتبطة سلبياً مع هذا المركب. وعلى ذلك فإن الأهداف الداكنة (الأقرب إلى الصفر) هي لأهداف مدنية نشأت بين التاريخين. أما المركب رقم (٣) فهو يشرح بشكل جيد أوضاع النبات، ولكنه ذو ارتباط أقوى بنطاق الأشعة تحت الحمراء القريبة في مرئية ١٩٩٨م . وبالتالي فهو مفيد في الكشف عن الخضرة المستجدة، أي المكتسب من النبات. بينما نجد أن المركب رقم (٥) ذو ارتباط أقوى بنطاق الأشعة تحت الحمراء في مرئية ١٩٩٢م ، وبالتالي فهو يبين حالة النبات وقت التقاط المرئية الأقدم لسنة ١٩٩٢م . وبالنسبة للمركبين رقم (٤) ورقم (٦) فلم يضيفا أي جديد حول التغير ، وبالتالي لم يستخدما في هذه الدراسة.

وهناك عدد من الأوجه لاستخدام هذه المركبات الستة في الكشف عن التغيرات. وقد رئي أن تستنفد كل السبل الممكنة في الانتفاع بكل مركبٍ رئيس للوصول إلى معرفة الأسلوب الأمثل في تحديد التغيرات وتمييز نوع التغير. وقد اتبع في هذه الدراسة أسلوبان يشتملان في مجموعهما على أربع طرق لاختبار فاعلية المركبات الرئيسة الستة في الكشف عن التغير. هذان الأسلوبان هما :

١. العتبة *threshold* ويقصد به البحث عن نقطة التغير أو التحول باتجاه ظاهرة ما. ومن ثم اتخاذ تلك النقطة كحدٍّ للفصل بين المظاهر التي تغيرت والمظاهر التي لم تتغير. وهذا الأسلوب مألوف الاستخدام في تطبيقات الاستشعار عن بعد ، ويهدف عموماً إلى استبعاد القيم غير المؤثرة في إيضاح الظاهرة المستهدفة من الدراسة. ولعمل ذلك فإن المرئية تجزأ إلى فئتين: إحداهما للقيم الواقعة فوق مستوى العتبة أو الحد، والأخرى للقيم دون ذلك (*Lillesand and Kiefer, ١٩٨٧*). وهذا الحد قد يعرف بقيمةٍ مطلقةٍ ، أو باستخدام الانحراف المعياري ، أو بغير ذلك من الطرق . ولأن قيمة هذا الحد لظاهرة ما قد تتغير من شخص إلى آخر وفقاً للقناعات والأهداف، فإن الباحث قد لجأ إلى أسلوب مغايرٍ نوعاً ما لكي يتم التأكد من أن العتبة المختارة هي بالفعل للحد الفاصل الذي يبين التغير من عدمه.

شكل رقم (٣)

معالجة البيانات الأصلية باستخدام المركبات الرئيسة. (*A*) المركب الثاني، (*B*) المركب الثالث، (*C*) المركب الخامس، (*D*) مرئية ملونة مركبة تجمع المركبات الثلاثة السابقة، حيث تشير الأهداف الشديـدة الزرقـة إلى أعمـال الإنشـاءات المستحدثة، والأهداف الشديدة الحمرة تشير إلى الفقد النباتي، أما الأهداف الصفراء الفاقعة اللون فهي للكسب النباتي.

جدول رقم (١). المتجهات والقيم الذاتية للمركبات الرئيسة

	مركب ١	مركب ٢	مركب ٣	مركب ٤	مركب ٥	مركب ٦
نطاق ١ (٩٨)	.٣٩١,	- .٥٦٢,	- .٣٤٨,	- .٥٣٦,	- ٠،١٣٥	.٤٠٦,
نطاق ٢ (٩٨)	.٤١٤,	- .٣٨٦,	- .١١٢,	.٦٧٦,	- ٠،٣٣٦	- .٣١٢,
نطاق ٣ (٩٨)	.٤١١,	- .٢٥٨,	.٦٧٥,	- .٠٨١,	٠،٥٥٤	- .٠٤٢,
نطاق ١ (٩٢)	.٤١٣,	.٣٥٧,	- .٤٣٤,	- .٢٣١,	٠،٣٣٠	- .٥٩٣,
نطاق ٢ (٩٢)	.٤١٣,	.٤٠٩,	- .٢١١,	.٣٥٩,	٠،٢١٢	.٦٦٧,
نطاق ٣ (٩٢)	.٤٠٦,	.٤١٧,	.٤٢٣,	- ٠،٢٧٠	- ٠،٦٣٩	- .٠٢٦,

التبايـن %	٨٧٣,	٠٨٦,	٠٢٦,	٠٠٧,	٠٠٦,	٠٠٢,

هذا الأسلوب تضمن اختيار ٥٠ موقعاً متغيراً من المرئيات لغطاءاتٍ متنوعة بحجم ثلاث خلايا في ثلاث خلايا. ومن ثم التأكد ميدانياً من أن تلك الخلايا تمثل بالفعل تغيرات على الأرض حدثت بين التاريخين. بعد ذلك استخدمت تلك الخلايا كمؤشرات على التغير في جميع المرئيات، وذلك بتخصيص قيمة صفر للخلايا التي لم تتغير، وقيمة واحد للخلايا المتغيرة. وقد طبق هذا الأسلوب على المركب الثاني لتحديد الإنشـاءات المستحدثة، وعلى المركب الثالث لتحديد الكسب النباتي، وعلى المركب الخامس لتحديد الفقد النباتي.

٢. *Classification* التصنيف : هو تخصيص أو تعيين الخلايا في المرئية إلى مجموعات مستقلة و متميزة تمثـل في الغالب غطاءات الأرض. وقد استخدم التصنيف غير الموجه *unsupervised classification* في معالجـة المركبـات الرئيسة بثلاث طرق : الأولى طريقة التصنيف الكلي ، حيث دمجت جميع المركبات ثم صنفت. أما الطريقـة الثانيـة فهـي التصنيف الانتقائي الكلي ، حيث دمجت المركبات رقـم (٢) ورقـم (٣) ورقـم (٥) ثم صنفت. والطريقة الثالثـة هي التصنيف الانتقائي المفرد حيث صنفت المركبات المنتقاة في الطريقة الثانية ، كلٌ على حدة ، ثم دمج الناتج المتعلق بالتغير من كل تصنيف. وفي حالة الطريقتين الأولى والثانية، فقد أنتج ثمانون فئة *class* من كل مرئية مدمجة. وبمقابلة هذه الفئـات بالمعلومات الميدانية فقد استبعدت الفئات التي لا تبين التغير، وأبقي فقط على الفئات التي تمثل التغير في الإنشاءات المدنيـة وأوضاع النبات. أما في الطريقة الثالثة فقد استخلص من كل مركب مصنف الفئات التي تمثل التغير فقط، ثم دمجت هـذه الفئات المستخلصة مع بعضها.

النتائج والمناقشة

من عرض المرئيات المصنفة باستخدام الطرق الأربع لتحليل المركبات الرئيسة ، تبين أن جميع الطرق تقدم نتائج قريبة من بعضها البعض في اكتشاف التغير الذي لحق بالإنشاءات والحالة النباتية بين التاريخين. وكان من الواضح أن معظم الاختلاف بين نتائج هذه الطرق يعود إلى تقدير حالة النبات ، بينما يعظم التوافق في حالة الانشاءات. وعن طريق الملاحظة البصريـة أيضاً لهذه المرئيات تبين أن طريقتي العتبة والتصنيف الانتقائي المفرد تتوافقان إلى حد كبير في نتائجهما ، ومن جهة أخـرى فإن نتائج طريقتي التصنيف المدمج الكلي و التصنيف المدمج الانتقائي تتشا ان إلى حدٍ ما. وتفسير ذلك هو أن طريقة العتبة ، في هذه الدراسة ، اعتمدت على اختيار مركبٍ واحدٍ لكل نمط من أنماط التغير ، وكذلك الحال في طريقة التصنيف المفرد الانتقائي. بينما اعتمدت طريقة التصنيف المدمج الكلي والتصنيف المدمج الانتقائي على دمج مجموعة من المركبـات ق بل تصنيفها.

ولفحص الاختلاف أو الاتفاق في نتائج هذه الطرق، فإن مائتي عينة قد اختيرت بطريقة العينات العشوائيـة المكانيـة *spatial random sampling* لمعرفة التغير ونوعه ، أو انتفاء التغير. ثم مقابلة البيانات الميدانية *ground truth data* بنتائج الطرق الأربع لاستخلاص ما يسمى درجة الصحة العامة *overall accuracy*. ويبين جـدول رقـم (٢) درجة الصحة العامة لكلٍّ من طرق معالجة تحليل المركبات، ومنه يتبين أن جميع الطرق المستخدمة في هذه الدراسة قد حققت درجة مرضية من الصحة في الكشف عن التغيرات في محيط مدينة مكة المكرمة. وقد تراوحت درجة الصحـة بـين ٨٨% و ٩٤%. وهذه درجة عالية إذا ما قورنت ببعض النتائج التي أشرنا إليها في مقدمة هذه الدراسة. ويلاحـظ أن الإنشـاءات المدنية المستحدثة قد نالت أكبر درجةٍ من الصحة، ولعل ذلك يعود إلى أن حدة التغير في قطاعات الإنشاءات أكثر وضوحا.

بينما اشتملت دراسة التغير للنبات على مستويي الخضرة والكثافة ، وليس فقط على وجود النبات من عدمه. فمثـلاً هناك عدد من المزارع والحدائق العامة التي كان مستوى الخضرة والكثافة النباتية فيها ضعيفاً، ثم تحسن في الفترة مـا بـين التاريخين . وقد اكتشف تحليل المركبات الرئيسة هذا النوع من التغير في النبات، إلا أن حساسية الطرق الأربع ليست على سواء فيما يتعلق بالنبات . ولذلك ظهر التباين ، خاصة بين طريقتي العتبة والتصنيف المدمج. وبشكل عام فإن أسلوب العتبة يتميز ببساطته ، وخلوه من إجراءات التصنيف المطولة . وإذا أضيف إلى ذلك درجة الصحة العالية ، فإنه يصبح أكثر فاعلية من الأساليب الأخرى حين استخدام تحليل المركبات الرئيسة في الكشف عن التغير .

نوع التغير	العتبة	التصنيف المدمج الكلي	التصنيف المدمج الانتقائي	التصنيف المفرد الانتقائي
انشاءات مستحدثة	٩٦%	٨٩%	٩١%	٩٦%
كسب نباتي	٩٣%	٨٠%	٨٩%	٩٢%
فقد نباتي	٩٢%	٩٤%	٨٧%	٩٠%
درجة الصحة العامة	٩٤%	٨٨%	٨٩%	٩٣%

ومع هذا فإن طريقة العتبة أشد تأثراً من غيرها بقناعات المستخدم، وذلك لأن حد العتبة متغير ويضبط وفقـاً لرؤيـة المستخدم.

وإذا اتخذنا أسلوب العتبة في معالجة المركبات (شكل ٤) أساساً لدراسة التغير، فإننا نلاحظ أن التغير في محيط مدينة مكة المكرمة كان واضحاً ، حيث أصاب مظاهر عديدة داخل المدينة وخارجها. ولم يقتصر دور تحليل المركبات الرئيسـة على إيضاح التغير من عدمه فقط، بل تعدى ذلك إلى بيان نوع التغير ومقداره. وقد بلغ مقدار التغير ما بين سـنتي ١٩٩٢م و ١٩٩٨م أكثر بقليل من ١٠ كم٢. ٤٢% من ذلك في مجال الإنشاءات المدنية المستحدثة، و ٢٩٪ من هذا التغير كـان غطاءً نباتياً مستجداً أو مكتسباً، والنسبة الباقية شملت مساحات نباتية انقرضت وتلاشت.

وقد تركز التغير في الإنشاءات على عدة مناطق ، أهمها : مناطق الخيام الثابتة في منى، والتوسعة الكبرى للحرم المكـي الشريف ، والمناطق الصناعية ومجمعات الورش ، بالاضافـة إلى سوق الماشية والمسلخ في شمال مكة ، والمراكز التجاريـة في مناطق متعددة من المدينة ، ومنطقة المستودعات في مدخل مكة الغربي . كذلك فقد أمكن تتبع النمو في المباني السكنية في كل أحياء مكة خاصة في العوالي والشرائع والعمرة والتنعيم والأحياء الجنوبية في مكـة إجمالا . ويبين شـكل رقـم (٥) نماذج من هذه المستجدات في قطاع الإنشاءات ، خاصة في شمال مدينة مكة المكرمة.

شكل (٤)

التغير في مدينة مكة المكرمة وما حولها باتباع طريقة العتبة. الأهداف الزرقاء تمثل الإنشاءات المدنية المستحدثـة. أمـا الأهداف الخضراء فهي للمكتسب من النبات. والأهداف الحمراء للفاقد من النبات.

شكل (5)

نماذج من الإنشاءات المستحدثة في مدينة مكة المكرمة وما حولها خلال الفترة ١٩٩٢ - ١٩٩٨م . (١) التوسعة الكبرى للحرم المكي الشريف (٢) مشروع الخيام الثابتة في منى (٣) مجمعات الورش والحراج في المعيصم (٤) المسلخ وسوق الماشية

(٥) مجمع النور النموذجي للورش (٦) المنطقة الصناعية في شارع الحج .

أما التغير في النبات، فقد اشتمل على متغيرات عدة مثل كثافة النبات ومستوى الخضرة ، ووجود النبات ، من عدمـه. وقد اتضحت مجهودات أمانة العاصمة المقدسة في استحداث عددٍ من الحدائق داخل المدينة ، وفي تحسين أوضـاع البعـض منها، بالإضافة إلى الجزر النباتية في داخل المدينة وعلى الطرق الدائرية.

كذلك فإن مستويي الخضرة والكثافة في مشروع التشجير بعرفة قد تحسنا كثيرا . أما المزارع المستحدثة فلم يضف منها إلا القليل ، وبالتحديد في وادي إيلج غربي منطقة العمرة، وفي جنوبي مكة إلى اليمين من وادي السلولي. أما الفاقـد مـن

النبات فقد تركز في المزارع الممتدة على جانبي وادي عرنة ابتداءً من جنوب شرائع المجاهدين حتى منطقة العكاشـية في جنوب مكة. ولعل الفارق الفصلي بين المرئيتين قد يقود إلى الاستنتاج بأن ذروة النمو تتوافق مع موسم الأمطار الشتوي، ولا يأتي شهر أبريل حتى تختفي مظاهر النباتات الحولية والزراعة المطرية. غير أنه تبين من الزيارات الميدانية للباحث أن جميع المزارع الواقعة غرب وادي عرنة تعتمد كلياً على مياه الآبار. أما المزارع إلى الشرق من الوادي فجلّها يعتمد أيضاً على مياه الآبار، وقلّة منها تعتمد على الأمطار في زراعة الأعلاف خاصه .. وقد تبين أيضا من تلك الزيارات أن بعضاً من المزارع في غرب الوادي قد أصبحت آثارا، والبقية خالية من أي نشاطٍ زراعي جاد. وبمناقشة فرع مديرية الزراعة بمكـة بالإضـافة لبعض المزارعين اتضح أن ملكية عددٍ من المزارع تلك قد انتقلت إلى مستثمرين لاشأن لهم بالزراعة، هـذا بالإضـافة إلى شكوى المزارعين من الانخفاض المستمر لمستوى الماء الجوفي ، وقلة العائد إجمالاً من الزراعة.

الخاتـمـة

تبين من هذه الدراسة أن تحليل المركبات الرئيسة *principal component analysis* ذو نفع في تحديد التغـيرات نوعاً وكما . وبتطبيق عددٍ من أساليب معالجة المركبات الرئيسة، تبين أيضاً أن طريقة العتبة هي الأكثر صحةً والأقل جهداً ، وبالتالي الأسرع في الوصول إلى النتائج. على أن اختيار الحد الفاصل بين التغير وعدمه في طريقة العتبة هو الأكثر أهمية، وفي الوقت نفسه فهو يتأثر كثيراً بقناعات المستخدم. كذلك خلصت هذه الدراسة إلى أن هناك قدراً من التغيرات طالت مدينة مكة المكرمة وما حولها في الفترة ما بين ١٩٩٢ و ١٩٩٨م . وقد بلغ مقدار التغير في الإنشاءات والنبات حوالي عشـرة ملايين متر مربـع . وكان نصيب الإنشاءات العامة كبيراً ، خاصة في مناطق الخيام الثابتة في مـنى ، والتوسـعة الكـبرى للحـرم ، والمناطق الصناعية في أطراف مدينة مكة المكرمة . أما النبات ، فإن ما فقد منه قد عوض بمساحات خضراء داخل المدينة ، وعلى الطرق الدائرية المحيطة بها . ومـن الغريب أن نسبة المكتسب (٢٩%) من النبات تعادل تقريباً نسبة الفاقد خلال هذه الفترة.

المراجـــع

المراجع العربية :

١. أحمد، بدر الدين. ١٤١٢هـ . مناخ مكة المكرمة. سلسلة بحوث العلوم الاجتماعية . معهـد البحـوث العلمية وإحياء التراث الإسلامي . جامعة أم القرى، مكة المكرمة .

٢. أمانة العاصمة المقدسة، ١٤١٨هـ . خريطة استعمالات الأراضي الحالية بمكةالمكرمة . مركـز المعلومـات الجغرافية بأمانة العاصمة . مكة المكرمة .

٣. الصنيع ، عبدالله . ١٤١٥هـ . خدمات الشركة السعودية للنقل الجماعي بمدينة مكـة المكرمـة : دراسـة جغرافية ميدانية . في "دراسات في قضايا المدن المعاصرة والتحضر". دار المجتمع للنشر والتوزيع. الصفحات ٩٥-٢١٦.

المـراجـع الأجنبية :

1. Byrne, F., P. Grapper, and K. Mayo, 1980.Monitoring Land Cover

Changes by Principal Components Analysis of Multispectal Data. Remote Sensning of Environment. 10:175-184.

2. *Charbonneau, D., D. Morin, and A. Royer, 1993. Analysis of Difference Methods for Monitoring Urbanization Process. Geocarto International, 8:17-27.*

3. *Earth Resource Mapping, 1998. ER Mapper User Guide (Chapter 7). Earth Resource Mapping. UK.*

4. *Fung, T., 1992. Land Use and Land Cover Change Detection with Landsat MSS and SPOT HRV Data in Hong Kong, Geocarto International. 7(3):33-40.*

5. *Green, K., D. Kempka, and L. Lackey, 1994. Using Remote Sensing to Detect and Monitor Land-Cover and Land-Use Change. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 60 (3):331-337.*

6. *Hoffer, M. and Kyu-Sung Lee. 1990. Change Detection of Forest Cover Using Satellite Radar Data. Proceedings of the Third Forest Service Remote Sensing Applications Conference. Tucson, Arizona. pp. 349-355.*

7. *Jensen, R. 1981. Urban Change Detection Mapping Using Landsat Digital Data. The American Cartographer, 8:(2):127-147.*

8. *Jensen, J., D. Cowen, S. Narumalani, and J. Halls, 1997. Principle of Change Detection Using Digital Remote Sensor Data. In "Integration of GIS and Remote Sensing. Cambridge Univ. Press, pp. 37-54.*

9. *Lillesand, T., and R. Kiefer. 1987. Remote Sensing and Image Interpretation. John Wiley & Sons.*

10. *Macleod, R., and R., Congalton. 1998. A Quantitative Comparison of Change-Detection Algorithm for Monitoring Eelgrass from Remotely Sensed Data. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 64 (3):207-216.*

11. *Martin, L., 1989. Accuracy Assessment of Landsat-Based Visual Change Detection Methods Applied to the Rural-Urban Fringe. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 55(2):209-215.*

12. *Michener, W. and P. Houhoulis. 1997. Detection of Vegetation Changes Associated with Extensive Flooding in a Forested Ecosystem. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 63 (12):1363-1374.*

13. *Mouat, D., G. Mahin, and J. Lancaster, 1993. Remote Sensing Techniques in the Analysis of Change Detection. Geocarto International 8:39-50.*

14. *Muchoney, D., and B. Haack. 1994. Change Detection for Monitoring Forest Defoliation. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 60 (10):1243-1251.*

15. *Show, G. and D. Wheeler, 1985. Statistical Techniques in Geographical Analysis .John Wiley & Sons.*